



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 60 415 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**H 01 L 23/473**  
H 01 L 23/427

②1 Aktenzeichen: 198 60 415.7  
②2 Anmeldetag: 28. 12. 1998  
④3 Offenlegungstag: 29. 6. 2000

DE 198 60 415 A 1

⑦1 Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH  
  
⑦4 Vertreter:  
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761  
Waldshut-Tiengen

⑦2 Erfinder:  
Stuck, Alexander, Dr., Wettingen, CH; Steimer,  
Peter, Dr., Unterehrendingen, CH; Zehringer,  
Raymund, Dr., Muttenz, CH

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

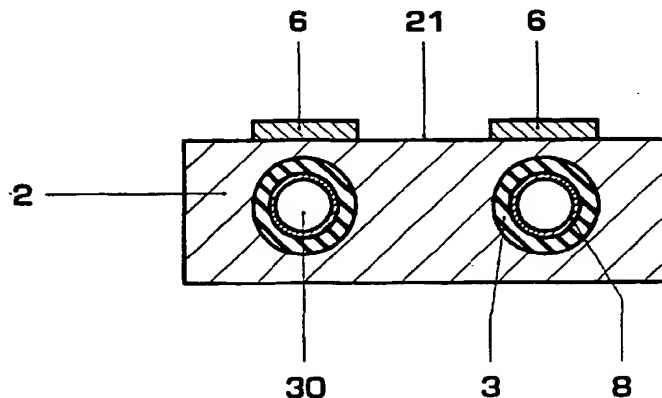
DE 37 09 006 C1  
DE 197 50 415 A1  
DE 196 40 488 A1  
DE 88 04 742 U1  
EP 08 81 675 A2  
EP 06 18 618 A1

JP Patent Abstracts of Japan:  
62-108560 A., E- 549, Oct. 13, 1987, Vol. 11, No. 314;  
62-108559 A., E- 549, Oct. 13, 1987, Vol. 11, No. 314;  
01-286350 A., E- 885, Feb. 7, 1990, Vol. 14, No. 67;  
09-307040 A.;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Halbleitermodul

⑤7 Ein Halbleitermodul weist Halbleiterelemente (6) auf, welche auf einem Basiselement (2) angeordnet sind und welche gegenüber einem mit dem Basiselement (2) in Wirkverbindung stehenden Kühlmedium mittels mindestens eines Isolationselements (3) elektrisch isoliert sind. Dieses mindestens eine Isolationselement (3) ist im wesentlichen hohlzylinderförmig gestaltet. Dabei ist es im Basiselement (2) angeordnet, wo es einen Kanal (30) zur Aufnahme des Kühlmediums bildet. Dieser Aufbau ermöglicht eine Isolation der Halbleiterelemente (6) gegenüber dem Kühlmedium unter Vermeidung von Elementen, welche Stellen mit überhöhtem elektrischen Feld aufweisen und somit zu Teilentladungen führen, welche die Spannungsfestigkeit des Moduls beeinträchtigen.



DE 198 60 415 A 1

## Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik. Sie bezieht sich auf ein Halbleitermodul gemäss Oberbegriff des Patentanspruches 1.

## Stand der Technik

Ein derartiges Halbleitermodul ist beispielsweise aus R. Zehringer et al., Materials Research Society Symposium Proceedings, Volume 483, Power Semiconductor Materials and Devices, 1998, S. 369-380, bekannt. Diese Publikation beschreibt, wie in der beiliegenden Fig. 1 dargestellt ist, ein Halbleitermodul mit einem Modulgehäuse 1, einer metallenen Basisplatte 2 und mehreren darauf angeordneten, vom Modulgehäuse überdeckten Halbleiterelementen 6, in diesem Fall IGBT-Chips (Insulated Gate Bipolar Transistor) und Dioden. Das Modulgehäuse ist im allgemeinen mit einer Gelmasse 7 ausgefüllt, welche als elektrische Isolationschicht und als Korrosionsschutz dient sowie auf Verbindungsdrähte wirkende Zugkräfte vermindert.

Die Basisplatte ist mit einer Wasserkühlung 20 verbunden, um die von den Halbleiterelementen erzeugte Wärme abzuführen. Um die Halbleiterelemente gegenüber der Basisplatte und der Wasserkühlung elektrisch zu isolieren, ist zwischen Basisplatte und Halbleiterelementen eine Keramikplatte 3 angeordnet, welche beidseitig mit einer Metallschicht 4, 5 versehen ist. Dabei sind Basisplatte, Keramikplatte und Halbleiterelemente aufeinander gelötet, wobei die Metallschichten die Lötverbindung ermöglichen.

Diese meist rechteckförmigen Metallschichtungen wirken sich jedoch nachteilig auf die Spannungsfestigkeit des Halbleitermoduls aus. Im Betriebszustand des Halbleitermoduls weisen die zwei Metallschichten ein unterschiedliches Potentialniveau auf. Zwischen ihnen ist ein elektrisches Feld vorhanden, welches an den Kanten und vorallem an den Ecken am stärksten ist. Diese Feldüberhöhung führt zu Teilentladungen und begrenzt die Spannungsfestigkeit des gesamten Aufbaus.

Im Falle, dass das Modulgehäuse mit einer Gelmasse ausgefüllt werden soll, führen die Metallschichten zu einem weiteren Nachteil. Herstellungsbedingt weisen die Metallschichten geringere Abmessungen auf als die Isolationsplatte, welche somit an den Rändern vorsteht. Diese geringeren Abmessungen führen jedoch dazu, dass zwischen Basisplatte und Keramikplatte eine von der Keramikplatte überdeckte kleine Kammer entsteht. Beim Füllen des Modulgehäuses mit der Gelmasse besteht die Gefahr, dass sich in diesem Hohlraum eine Luftblase bildet, wodurch die Funktionsfähigkeit des Halbleitermoduls beeinträchtigt würde.

## Darstellung der Erfindung

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein Halbleitermodul der eingangs genannten Art zu schaffen, welches eine verbesserte Spannungsfestigkeit aufweist.

Diese Aufgabe löst ein Halbleitermodul mit den Merkmalen des Patentanspruches 1.

Im erfindungsgemässen Halbleitermodul ist mindestens ein Halbleiterelement ohne elektrisch isolierende Zwischenschicht auf einem Basiselement angeordnet, welches mit einem Kühlmedium in Wirkverbindung steht. Das Basiselement, welches als Kühlblock wirkt, ist somit auf demselben Potential wie eine ihn kontaktierende Unterseite des Halbleiterelementes. Die elektrische Isolation des mindestens ei-

nen Halbleiterelementes gegenüber dem Kühlmedium erfolgt über ein Isolationselement, welches im Basiselement angeordnet ist und einen Kanal zur Aufnahme des Kühlmediums bildet. Der erfindungsgemässe Aufbau weist somit keine kritischen Randgebiete mit erhöhtem elektrischen Feld mehr auf, welche zu Teilentladungen führen könnten. Vorzugsweise ist das Isolationselement im wesentlichen hohlzylindertörmig gestaltet, wobei sein Querschnitt rund, halbrund oder ellipsenförmig sein kann.

Die äussere Form des erfindungsgemässen Halbleitermoduls ist sehr einfach, wird sie doch im wesentlichen durch das vorzugsweise quaderförmige Basiselement und den darauf angeordneten Halbleiterelementen definiert. Dadurch sind keine schwer zugänglichen Kammern mehr vorhanden, in welchen sich Luftblasen fangen könnten. Das erfindungsgemässe Modul lässt sich somit auf einfache und schnelle Weise mit einer Gelmasse ausfüllen.

Vorzugsweise ist unterhalb von jedem Halbleiterelement ein Isolationselement angeordnet. Da das Basiselement im Bereich unterhalb jedes Halbleiterelementes die meiste Wärme aufnimmt, und die Wärme direkt in ihrem Kerngebiet abgeführt wird, ist die Effizienz der Kühlung erhöht.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes ist das Isolationselement auf seiner inneren Oberfläche mit einer Wärmeübertragungsschicht und/oder mit einer Strukturierung zur Vergrösserung der Oberfläche versehen, um den Wärmeübergang an das Kühlmedium zu verbessern.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Isolationselement an eine sogenannte Heat Pipe angeschlossen, welche Wärme vom Isolationselement zu ausserhalb des Basiselementes angeordneten Kühlkörpern leitet, wo die Wärme durch erzwungene Konvektion an die Umgebung abgegeben wird.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Patentansprüchen hervor.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, welches in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt ist, näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a einen Querschnitt durch ein schematisch dargestelltes Halbleitermodul inklusive Gehäuse gemäss dem Stand der Technik;

Fig. 1b eine Aufsicht des Halbleitermoduls gemäss Fig. 1a ohne Gehäuse;

Fig. 2 einen Querschnitt durch ein erfindungsgemässes Halbleitermodul;

Fig. 3 einen Längsschnitt durch das Halbleitermodul gemäss Fig. 2 und

Fig. 4 einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform eines Isolationselementes gemäss der Erfindung.

## Wege zur Ausführung der Erfindung

Das erfindungsgemässe Halbleitermodul gemäss den Fig. 2 und 3 weist ein Basiselement 2, mindestens einen Chip oder Halbleiterelement 6 und mindestens ein Isolationselement 3 auf.

Das Basiselement 2 ist in der Regel ein quaderförmiger Block mit mindestens einer planen Oberfläche 21. Es ist vorzugsweise aus Metall oder einem Metall/Matrix-Komposit gefertigt, beispielsweise aus Aluminium-Siliziumkarbid (AlSiC) oder Kupfer-Siliziumkarbid (CuSiO). Die Abmessungen des Basiselementes hängen von der Art des Halbleitermoduls ab, typische Dicken sind jedoch 8-10 mm.

Die Halbleiterelemente 6 sind handelsübliche Bauteile, beispielsweise Dioden oder IGBT-Chips und werden deshalb in folgenden nicht genauer beschrieben. Die Halbleiterelemente 6 sind direkt, das heisst ohne eine dazwischliegende elektrische Isolationsschicht, auf der planen Oberfläche 21 des Basiselementes 2 angeordnet, wobei sie im allgemeinen stoffschlüssig mit dem Basiselement 2 verbunden sind. Normalerweise sind sie gelötet.

Das mindestens eine Isolationselement 3 weist eine hohlzylinderförmige Gestalt auf, wobei ihr Querschnitt vorzugsweise mindesten annähernd rund ist. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich um ein Rohr. Die Abmessungen des Isolationselementes 3 hängen im wesentlichen von der Grösse des Basiselementes 2, der Grösse und Anzahl des Halbleiterelementes 6 sowie der Menge der abzuführenden Wärme ab. Typische Innendurchmesser liegen bei 2-3 mm, typische Wandstärken bei 1-2 mm. Üblicherweise ist das Isolationselement 3 aus Keramik gefertigt, wobei Aluminiumnitrit (AlN), Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ), Berylliumoxid (BeO), Siliziumkarbid (SiC) oder Siliziumnitrit (SiN) bevorzugte Materialien sind. Es lassen sich jedoch grundsätzlich auch andere elektrisch isolierende Materialien verwenden.

Die Isolationselemente 3 sind im Basiselement 2 angeordnet, welches hierfür Durchgangsbohrungen zur Aufnahme der Isolationselemente 3 aufweist. Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, ragen die Isolationselemente vorzugsweise aus dem Basiselement 2 heraus, wodurch das Anschliessen von weiterführenden Leitungen erleichtert ist.

In einer ersten Variante sind die Isolationselemente 3 in das Basiselement 2 eingegossen. In einer anderen Variante werden die Isolationselemente 3 separat hergestellt und anschliessend in die Durchgangsbohrungen eingeführt. In diesem Fall ist vorzugsweise zwischen Basiselement und Isolationselement ein Gleitmittel vorhanden, um einen luftspaltfreien Wärmeübergang zu gewährleisten.

Wie in den Fig. 2 und 3 dargestellt, ist jeweils unterhalb von jedem Halbleiterelement 6 ein Isolationselement 3 angeordnet, wobei mehrere in einer Reihe angeordnete Halbleiterelemente 6 demselben Isolationselement 3 zugeordnet sein können.

Jedes Isolationselement 3 bildet einen Kanal 30 zur Aufnahme eines Kühlmediums, welches die vom Halbleiterelement 6 erzeugte Wärme abführt. Dadurch ist das als Kühlblock wirkende Basiselement 2 und somit die auf ihm angeordneten Halbleiterelemente 6 gegenüber dem Kühlmedium elektrisch isoliert. Die lichte Weite des Kanals 30 ist entsprechend der zu erbringenden Kühlleistung bemessen.

Im allgemeinen wird durch den Kanal 30 ein Kühlfluid geleitet, beispielsweise Wasser. Es ist jedoch auch möglich, eine sogenannte Heat Pipe, welche die Wärme nach aussen an eine Konvektions-Kühlstruktur liefert, in das Isolationselement 3 einzuführen.

In dem in den Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Isolationselement 3 auf seiner inneren Oberfläche mit einer Wärmeübertragungsschicht 8 versehen, welche einen hohen Wärmeübertragungskoeffizienten aufweist, um eine gute Wärmeübertragung an das Kühlmedium zu gewährleisten. Beispielsweise lässt sich hierfür ein Metall verwenden. Anstelle einer Beschichtung lässt sich auch ein Wärmeübergangsschaum, insbesondere ein metallischer Schaum, einsetzen.

In einer anderen, in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform weist die innere Oberfläche des Isolationselementes 3 eine Oberflächenstrukturierung 9 auf, um so die wärmeübertragende Fläche zu erhöhen. Diese Oberflächenstrukturierung 9 kann direkt in die Keramik eingeformt oder, wie hier dargestellt, durch eine Beschichtung mit hohem Wärmeübertra-

gungskoeffizienten gebildet sein.

#### Bezugszeichenliste

- 5 1 Modulgehäuse
- 2 Basiselement
- 20 Wasserkühlung
- 21 plane Oberfläche
- 3 Isolationselement
- 10 30 Kanal
- 4 erste Metallschicht
- 5 zweite Metallschicht
- 6 Halbleiterelement
- 7 Gel
- 15 8 Wärmeübergangsschicht
- 9 Oberflächenstrukturierung

#### Patentansprüche

- 20 1. Halbleitermodul mit mindestens einem Halbleiterelement (6), welches auf einem Basiselement (2) angeordnet ist; wobei das mindestens eine Halbleiterelement (6) gegenüber einem mit dem Basiselement (2) in Wirkverbindung stehendem Kühlmedium mittels mindestens eines Isolationselementes (3) elektrisch isoliert ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Isolationselement (3) im Basiselement (2) angeordnet ist, wobei es einen Kanal (30) zur Aufnahme des Kühlmediums bildet.
- 2. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationselement (3) im wesentlichen hohlzylinderförmig gestaltet ist.
- 3. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb von jedem Halbleiterelement (6) ein Isolationselement (3) im Basiselement (2) angeordnet ist.
- 4. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Halbleiterelement (6) direkt auf das Basiselement (2) gelötet ist.
- 5. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationselement (3) auf seiner inneren Oberfläche mit einer Wärmeübergangsschicht (8), insbesondere einer Metallschicht, versehen ist.
- 6. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationselement (3) auf seiner inneren Oberfläche mit einem Wärmeübergangsschaum, insbesondere einem metallischen Schaum, versehen ist.
- 7. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (30) innenseitig strukturiert ist.
- 8. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am mindestens einen Isolationselement (3) eine Heat Pipe angeschlossen ist.
- 9. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationselement (3) aus einer Keramik, insbesondere Aluminiumnitrit (AlN), Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ), Berylliumoxid (BeO), Siliziumnitrit (SiN) oder Siliziumkarbid (SiC) besteht.
- 10. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Basiselement (2) aus einem Metall oder einem Metall-Matrix-Komposit, insbesondere aus Aluminium-Siliziumkarbid (AlSiC) oder Kupfer-Siliziumkarbid (CuSiC), gefertigt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

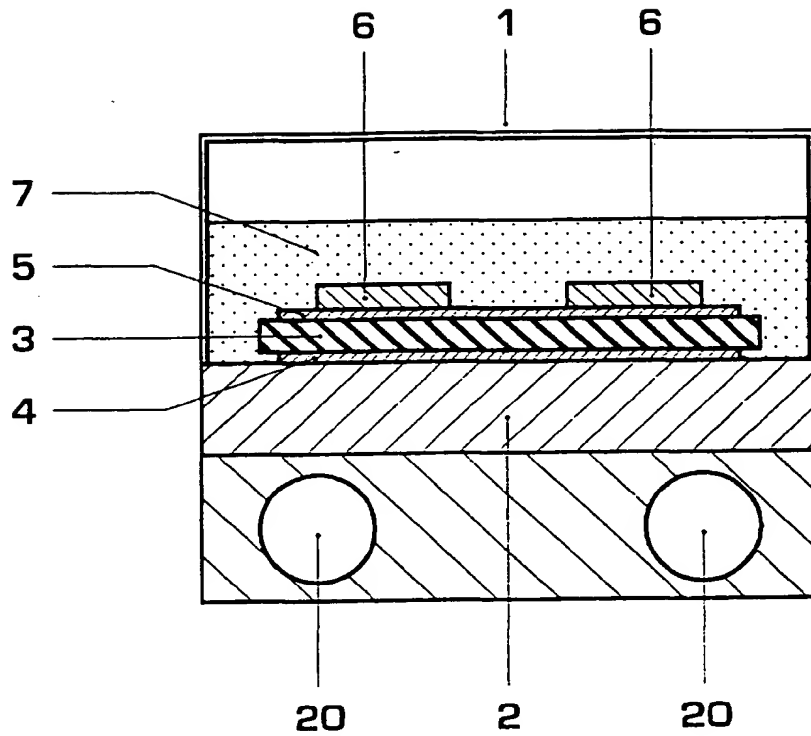


Fig. 1a

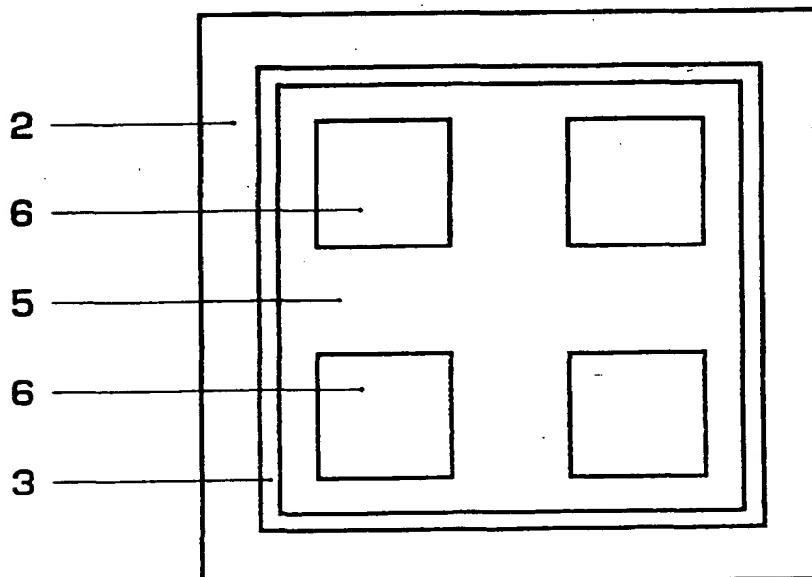


Fig. 1b

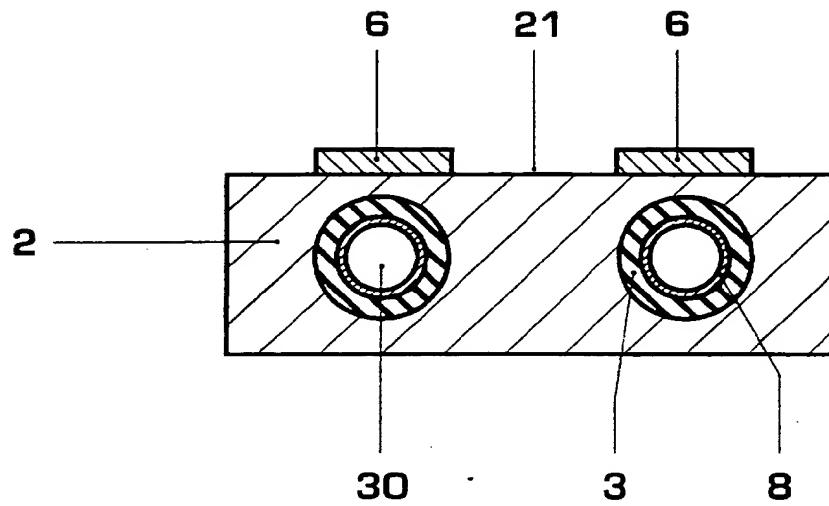


Fig. 2

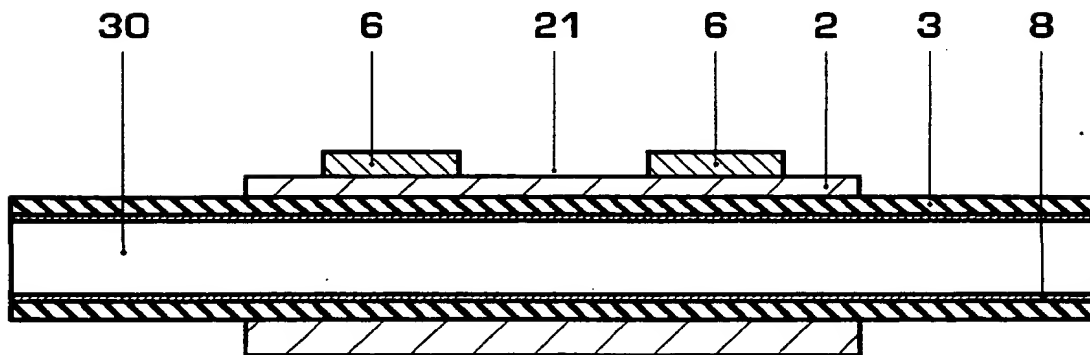


Fig. 3

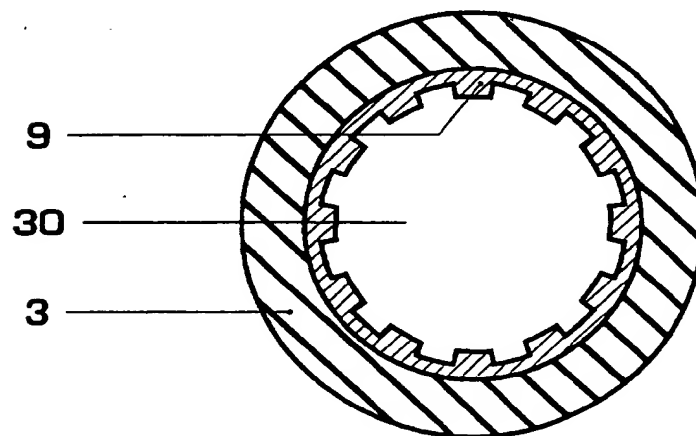


Fig. 4